

文章编号: 0258-7025(2002)Supplement-0145-03

角锥棱镜式半导体激光抽运单频固体激光器

杨苏辉 吴克瑛 魏光辉

(北京理工大学光电工程系, 北京 100081)

提要 基于单块非平面环形腔实现单频激光振荡的原理, 提出一种新型非平面环形腔单频固体激光器结构。新型激光谐振腔以角锥棱镜和直角棱镜共同形成振荡光束在腔内的非平面反射回路。在抽运光输入功率为 4.5 W 时, 角锥棱镜式非平面环形腔激光器输出单频激光功率大于 1 W, 光-光转换效率为 23%。

关键词 半导体激光抽运, 单频固体激光器, 角锥棱镜, 非平面环形腔激光器

中图分类号 TN248.1⁺3 文献标识码 A

LD Pumped Single Frequency Solid State Laser with Corner Cube Prism

YANG Su-hui WU Ke-ying WEI Guang-hui

(Optical Engineering Department, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081)

Abstract A new LD pumped non-planar unidirectional ring resonator is presented in this paper. A corner cube prism and a porro prism form the resonator. More than 1 watt of single frequency output power was obtained from the resonator when the pumping power is 4.5 watts. Optical-optical efficiency is about 23%.

Key words LD pumped, single frequency solid state laser, corner cube prism, non-planar unidirectional ring laser

1 引 言

单频且频率稳定的激光器在激光物理与量子光学, 激光光谱学, 精密相干测量和相干探测激光雷达等多个领域中都是不可缺少的。LD 抽运固体激光器以其高抽运效率, 低热扰特性, 小型化和高度稳定可靠性, 成为单频、稳频固体激光器的首选方案。实现单频振荡的主要方法包括短腔法(薄片腔)、腔内插入 F-P 标准具法、扭转模腔法、单向行波环形腔等方法。其中以美国斯坦福大学 Byer^[1] 及其研究集体在 80 年代初期研制的 LD 抽运单块非平面单向行波环形腔单频固体激光器的性能最为优异, 由于此种激光器利用激光晶体自身加工成谐振腔, 无附加元件, 所以其频率及功率特别稳定。在单频激光技术上取得重要成果的还有德国汉诺威大学激光中心的 Freitag^[2,3] 等人, 他们采用 LD 抽运单块非平面单向行波环形腔单频激光器的技术方案, 获得了 946 nm, 1064 nm, 1319 nm 的单频激光输出, 其中 1064 nm 的单频激光在经过多级放大后获得了 60 W 的单频输出功率^[4,5]。

2 单块非平面环型腔单频激光器

我们设计并加工的单块非平面单向行波环型腔如图 1 所示, 激光晶体置于磁场 H 内, A 点既是抽运光的入射点, 又是振荡激光的输出点, 晶体内 B 、 C 和 D 点为光的全反射点。 A 点所在的平面镀对 808 nm 半导体激光的增透膜, 对 1064 nm 振荡光 S

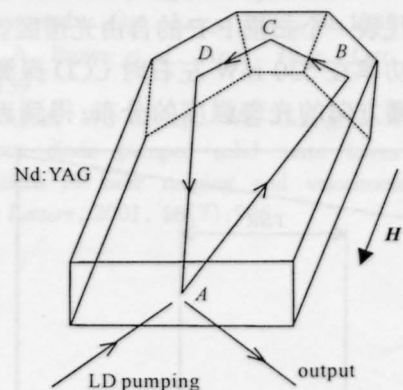


图 1 单块非平面单向行波环型腔激光器
Fig. 1 Diagram of monolithic non-planar unidirectional ring laser

和 P 分量的反射率分别为 99% 和 65% 的选偏膜。此种谐振腔利用光波在非平面腔内不同空间取向的全反射面上的相位延迟、由外加磁场引入的法拉第旋光效应及输出耦合面的偏振反射特性构成光学单向器,消除增益空间烧孔,保证单纵模输出。由于激光晶体本身构成谐振腔,单块激光器具有极高的机械稳定性;避免了空气扰动和腔镜失调等因素的影响,用 LD 抽运时即使不加稳频反馈装置,其频率稳定性就可达到几 kHz,能得到高效率高稳定性的单频输出。

实验得到振荡光输出功率与抽运光入射功率的关系如图 2 所示,阈值抽运功率 370 mW 左右,光-光效率达到 24.3%,斜效率约为 28%。

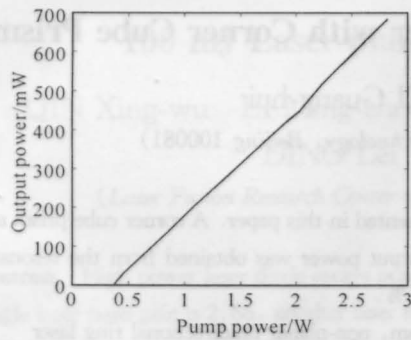


图 2 单块非平面环行腔激光器的输入输出曲线
Fig.2 Output power versus pumping power of the monolithic resonator

用美国 Burleigh 公司的扫描 F-P 激光频谱分析仪测量激光器输出频谱。频谱仪的自由光谱区约为 15 GHz,当其输出功率小于 600 mW,抽运功率小于 2.6 W 时,可以保持较好的单纵模运转,即单频输出,图 3 是单块激光器输出功率在 604 mW,抽运功率是 2.55 W 时探测的单频信号,相邻信号尖峰之间的间隔代表一个扫描 F-P 的自由光谱区。图 4 是激光输出功率在 530 mW 左右时 CCD 探测的垂直于光束传播方向的光斑强度的分布,得到近衍射极

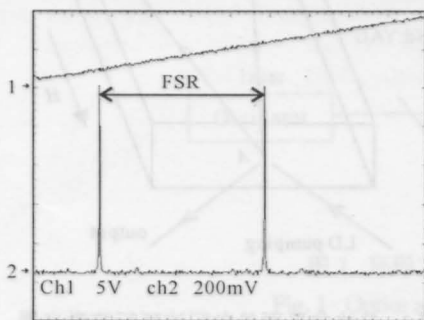


图 3 单块非平面环行腔激光器输出单频激光频谱图
Fig.3 Spectrogram of the monolithic laser

限的基横模高斯分布, $M_x^2 = 1.62, M_y^2 = 1.61$ 。

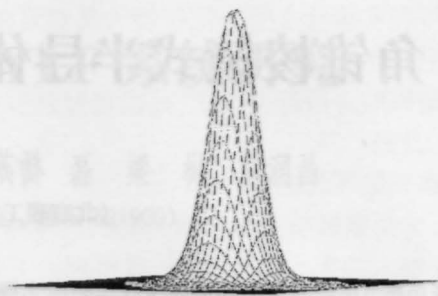


图 4 单块非平面环行腔激光器垂直于传播方向的远场功率分布
Fig.4 Spatial distribution of the monolithic laser output power

3 角锥棱镜式非平面环型腔单频固体激光器

角锥棱镜式非平面环行腔的结构如图 5。谐振腔由角锥棱镜和经过特殊加工的直角棱镜组成,其实现单频的原理与单块非平面环行腔类似,光在角锥棱镜内非平面传播,Nd:YAG 晶体被加工成直角棱镜的形式置于磁场当中,实现法拉第旋光效应,直角棱镜的一个边作为抽运光的人射面和振荡光的输出面,镀对 808 nm 的增透膜和对 1064 nm 的 S 光和 P 光的反射率分别为 95% 和 82% 选偏膜系。

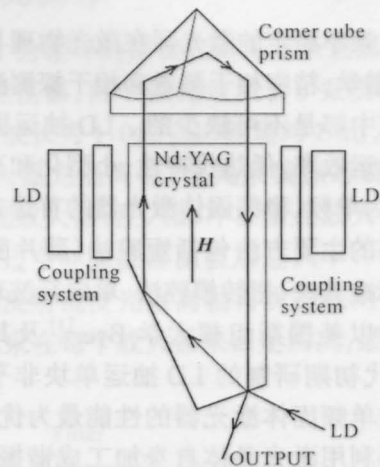


图 5 角锥棱镜式单频激光器的结构
Fig.5 Diagram of non-planar ring resonator with coner cube

角锥棱镜式非平面环行腔具有如下特点:

- 1) 激光腔由熟知的角锥棱镜和直角棱镜组成,加工工艺成熟,可减少加工周期和成本;
- 2) 既可端面抽运,又可使用大功率半导体激光

器侧面抽运;

3) 可在两棱镜之间方便地插入其它元件,使激光器实现调谐、调 Q 等各种功能;

4) 谐振腔由两部分组成,可以通过调腔长来达到调频的目的;

5) 激光器不易失调。

图 6 为角锥棱镜式单频激光器的功率输入输出曲线。在输入功率为 4.5 W 时,可得到大于 1 W 的单频输出,光-光转换效率为 23%。图 7 为 1 W 功率下得到的激光输出频谱图。从图中可以看到,激

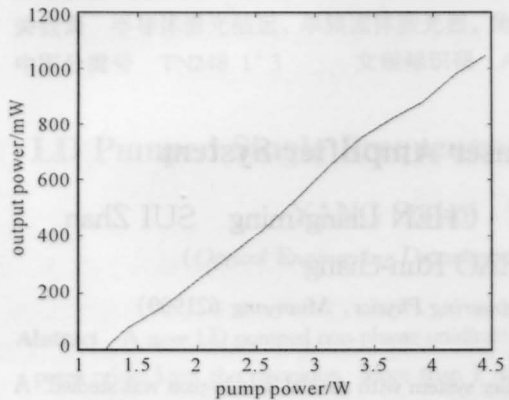


图 6 角锥棱镜式谐振腔的功率输入输出曲线

Fig. 6 Output power versus pumping power of the corner-cube resonator

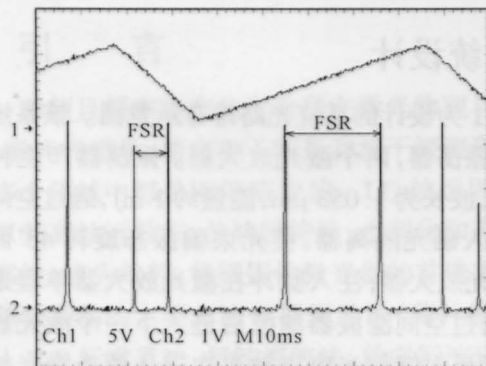


图 7 输出功率为 1 W 时,角锥棱镜式谐振腔输出单频激光的频谱

Fig. 7 Spectrogram of the corner-cube resonator with output power of 1 W

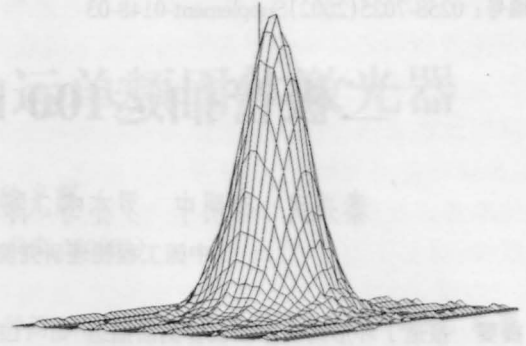


图 8 角锥棱镜式谐振腔输出激光束的横向远场功率分布

Fig. 8 Spatial distribution of the output power of corner-cube resonator

光器此时单纵模运转。图 8 为 CCD 测得的远场功率分布,得到高斯分布基横模光束。单频激光输出 300 mW 时, $M^2 \sim 1.2$ 。

4 结 论

本文报道了两种腔型的非平面单向行波环形腔单频固体激光器,单块结构腔型可以得到 600 mW 的单频激光输出,角锥棱镜式谐振腔可以得到大于 1W 的单频输出。我们已经将自行研制的单频激光器应用于线性调频激光雷达原理性实验中,并取得了良好的效果^[6]。

参 考 文 献

- 1 T. J. Kane, R. L. Byer. *Opt. Lett.*, 1985, **10**:65~68
- 2 Freitag *et al.* *Opt. Comm.*, 1993, **101**:371
- 3 Freitag, H. Welling. *Appl. Phys. (B)*, 1994, **58**:537
- 4 D. Chen *et al.* *Opt. Lett.*, 1995, **20**:1283~1285
- 5 C. T. A. Brown *et al.* *Appl. Phys. Lett.*, 1997, **71** (9):1139
- 6 Yang Suhui, Wu keying, Wei Guanghui. Novel single frequency diode pumped solid state lasers and their applications in laser ranging and velocimetry. *Chinese Physics Letters*, 2001, **18**(7):906